

Method and device for detecting leaks in fluid pipelines**BEST AVAILABLE COPY**

Numéro du brevet: FR2626974
Date de publication: 1989-08-11
Inventeur: DAUTRICHE BERNARD; PONS LOUIS-MARIE
Demandeur: EAUX CIE GLE (FR); ILE DE FRANCE SYNDICAT
EAUX (FR); DEGREANE ETS (FR)
Classification:
- internationale F16L55/00; G01M3/00; G01M3/40
- européenne G01M3/24B; G01N29/14
Numéro de demande FR19880001493 19880209
Numéro(s) de priorité: FR19880001493 19880209

Report a data error here

Abrégé pour FR2626974

The invention relates to a method and a device for detecting leaks in fluid pipelines. The method is characterised in that a noise sensor is permanently placed at each end of the pipeline section to be monitored, the cross-correlation of the noise picked up respectively by the two sensors is periodically calculated, and the existence of a possible leak is deduced from the presence of a peak appearing during the cross-correlation calculation. Application to detecting and locating leaks in buried water supply pipelines.

Les données sont fournies par la banque de données **esp@cenet** - Worldwide

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication : **2 626 974**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **88 01493**

(51) Int Cl^a : G 01 M 3/00, 3/40; F 16 L 55/00.

(12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

(22) Date de dépôt : 9 février 1988.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : Société dite : COMPAGNIE GENERALE
DES EAUX, SYNDICAT DES EAUX D'ILE DE FRANCE et
Société dite : Etablissements DEGREANE. — FR.

(72) Inventeur(s) : Bernard Dautriche ; Louis-Marie Pons.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 32 du 11 août 1989.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet Cuer.

(54) Procédé et dispositif pour la détection de fuites sur les canalisations de fluides.

(57) L'invention concerne un procédé et un dispositif pour la
détection des fuites sur les canalisations de fluides.

Le procédé est caractérisé par le fait que l'on place en
permanence un capteur de bruits à chaque extrémité du
tronçon de canalisation à surveiller, que l'on calcule périodique-
ment l'intercorrélation des bruits acquis respectivement par les
deux capteurs, et que l'on déduit l'existence d'une fuite éven-
tuelle de la présence d'un pic apparaissant lors de ce calcul
d'intercorrélation.

Application à la détection et à la localisation des fuites sur
les canalisations enterrées d'alimentation en eau.

FR 2 626 974 - A1

La présente invention concerne un procédé pour la détection des fuites sur les canalisations de fluides et, plus particulièrement, sur les canalisations enterrées d'alimentation en eau.

5 Les spécialistes en la matière savent que de telles canalisations ne sont pas toujours étanches et que, contrairement à ce que l'on pourrait penser, les fuites qui les affectent posent un réel problème. En effet, s'il est exact que le produit véhiculé, c'est-à-dire l'eau, est d'un coût
10 très faible, et que, d'autre part, les fuites d'eau ne présentent un danger que dans les cas extrêmes, il ne faut pas oublier que dans une ville comme Paris, par exemple, où les canalisations sont parfois vétustes, les pertes dues à ces fuites représentent un pourcentage important de la consommation totale. Ceci grève le budget de la collectivité d'une
15 manière qui n'est nullement négligeable, à cause, en particulier, des installations de traitement et de surveillance de la qualité de l'eau qu'il faut construire et faire fonctionner du fait du volume perdu par les fuites.

20 D'autre part, on connaît divers procédés de détection de telles fuites, mais ils supposent tous la présence sur le site d'un opérateur, ce qui grève d'autant le coût de la détection.

En conséquence, la présente invention se propose de
25 fournir un procédé et un dispositif permettant de réaliser la détection des fuites sur de telles canalisations de manière entièrement automatique, cette détection devant être fiable et sa mise en oeuvre relativement peu coûteuse.

Selon la présente invention, ces buts, et d'autres
30 qui apparaîtront par la suite, sont atteints grâce à un procédé de détection des fuites qui est caractérisé par le fait que l'on place en permanence un capteur de bruits à chaque extrémité du tronçon de canalisation à surveiller, que l'on calcule périodiquement l'intercorrélation des
35 bruits acquis respectivement par les deux capteurs, et que

l'on déduit l'existence d'une fuite éventuelle de la présence d'un pic apparaissant lors de ce calcul d'intercorrélation.

On comprend que la présence des capteurs en permanence sur la canalisation à surveiller permet d'envoyer les informations correspondantes à un centralisateur situé à distance et, par voie de conséquence, de rendre entièrement automatique le fonctionnement du dispositif de détection, ce qui évite de devoir faire appel à un opérateur mis à poste sur le site.

Par ailleurs, en ce qui concerne ce traitement automatique, il faut rappeler qu'une fuite se comporte comme un bruiteur ponctuel, et elle émet un signal qui se propage le long de la conduite, de sorte que, sur le plan théorique, on a pu envisager de la détecter au moyen d'un tel signal recueilli par un capteur approprié. Malheureusement, le signal en question est un bruit complexe, d'une part, et, d'autres part, ses caractéristiques varient fortement en fonction de la forme de la fuite et de la nature physique et géométrique de la canalisation concernée. En outre, un tel bruit est entaché d'autres bruits de très basse fréquence et de bruits parasites transitoires liés à l'environnement.

Pour expliquer ce qui précède, on considérera en regard de la figure 1a une canalisation C munie de deux capteurs de sons C_1 et C_2 qui sont par exemple des accéléromètres ou des hydrophones et qui font l'acquisition des bruits qu'ils reçoivent.

Si M est le milieu de la canalisation C, à égale distance entre les capteurs C_1 et C_2 , et si une fuite est présente en F à une distance D de M, du côté du capteur C_2 , elle produit un bruit de fuite $b_F(t)$, bien entendu fonction du temps t.

Pour leur part, les capteurs C_1 et C_2 reçoivent, en tout état de cause, un bruit ambiant $ba_1(t)$ pour le premier et $ba_2(t)$ pour le second, de sorte que le bruit total $bc_1(t)$ et $bc_2(t)$ qu'ils reçoivent respectivement est la somme des

3

bruits ambiants et du bruit de fuite. Il est donc donné par les formules suivantes :

$$bC1(t) = bA1(t) + bF(t - T_1)$$

$$bC2(t) = bA2(t) + bF(t - T_2).$$

5 où T_1 et T_2 sont les temps nécessaires au bruit pour se propager du point de fuite F aux capteurs C_1 et C_2 , respectivement, avec, bien évidemment :

$$T_1 - T_2 = 2 \times \Delta t$$

et :

10 $\Delta t = D/V_p,$

V_p étant la vitesse de propagation du bruit.

Les courbes correspondantes sont représentées pour un exemple typique sur la figure 1b, et on peut les exploiter facilement grâce à un calculateur auquel on fournit la
15 valeur des bruits $bC1(t)$ et $bC2(t)$ pour un certain nombre de points de mesure régulièrement espacés qui est par exemple de 512 points par courbe.

Si l'on effectue alors un calcul d'intercorrélation sur ces 2×512 valeurs selon la formule bien connue reproduite en 1c sur la figure 1, on obtient une courbe du genre
20 de celle de la figure 1d sur laquelle la fuite au point F, à une distance D du point médian M, se traduit par un pic de corrélation P. Ceci permet la détection de la fuite, la position du pic P sur la courbe de la figure 1d permettant
25 sa localisation.

Les résultats fournis peuvent être améliorés par un certain nombre de dispositions qui vont être précisées maintenant, et, tout d'abord, il est avantageux d'éliminer les bruits en très basse fréquence par un filtrage passe-
30 haut et d'éliminer les bruits parasites par un moyennage qui est réalisé après le calcul de l'intercorrélation.

De cette manière, le bruit en très basse fréquence, ainsi que les dérives de niveau continu apportées éventuellement par l'électronique de transmission, sont éliminés par
35 le filtre passe-haut qui peut présenter une fréquence de coupure de quelques dizaines de Hertz, et, par exemple, de

30 Hz, cependant que les bruits parasites qui peuvent provoquer sur une acquisition des apparitions de pics de corrélation parasites, sont éliminés par moyennage sur plusieurs acquisitions, ce qui est possible grâce au fait qu'à l'inverse du pic de corrélation du bruit de fuite, de tels pics parasites apparaissent de manière aléatoire sur les diverses acquisitions.

Il s'agit ensuite de réaliser un échantillonnage du signal de fuite qui peut se situer dans une bande de fréquences assez étendue qui dépend du fluide et du type de conduite. Par exemple, pour une conduite d'eau, la largeur de spectre du bruit de fuite peut être de l'ordre de 100 Hertz, la fréquence centrale étant comprise entre 50 et 2.000 Hertz environ.

En outre, on ne connaît pas a priori la position du spectre dans la largeur de bande possible, et le traitement numérique du signal impose le respect du théorème de Shannon, et donc une fréquence d'échantillonnage supérieure ou égale à deux fois la fréquence maximale du signal à traiter.

Cette contrainte implique une fréquence d'échantillonnage supérieure ou égale à 4.000 Hertz dans le cas de l'exemple précédent, et elle pose de gros problèmes dans le cas d'une détection automatique des fuites. Elle oblige à un choix entre diverses solutions possibles, parmi lesquelles on peut citer la fixation arbitraire de la fréquence d'échantillonnage, ce qui privilégie certaines fréquences aux dépens des autres, le choix d'une fréquence trop élevée pouvant entraîner la perte d'un bruit situé en bas de bande.

Il est également possible de traiter par tranches l'étendue totale des spectres possibles, ce qui demande beaucoup de temps de calcul et peut entraîner une consommation d'énergie incompatible avec l'autonomie des postes de détection.

Dans tous les cas, on est conduit à sous-optimiser le traitement par rapport à la bande réellement utile du

signal basse fréquence qui demande une fréquence d'échantillonnage égale au double de la largeur de spectre du bruit de fuite.

5 Selon un mode de réalisation avantageux de la présente invention, au contraire, on sous-échantillonne les signaux acquis par les capteurs par une fréquence fixe comprise entre 100 et 300 Hertz environ.

10 Cette solution offre l'avantage que l'on supprime la fréquence centrale qui n'apporte aucune information sur la présence de la fuite. En revanche, toutes les composantes du signal reçu, et donc celles créées par la fuite, se retrouvent après le traitement, quelle que soit la position spectrale initiale du niveau de fuite.

15 Il est à noter que ce traitement dégrade normalement une information, car il détruit l'organisation spectrale des raies initiales et il superpose au signal tous les signaux présents dans la bande totale surveillée.

20 Toutefois, comme le signal étudié est un bruit dans le cas présent, on ne s'intéresse pas à l'organisation spectrale des raies.

25 En outre, le traitement effectué est un traitement différentiel entre deux voies, de sorte que le sous-échantillonnage qui modifie l'information utile de manière identique sur les deux voies ne perturbe pas le traitement d'intercorrélation. Par ailleurs, les bruits superposés au signal sont éliminés par le moyennage des fonctions d'intercorrélation.

30 En ce qui concerne maintenant le calcul de l'intercorrélation entre les signaux reçus par les deux capteurs, on utilise avantageusement, selon l'invention, des circuits de traitement du signal numérique fonctionnant avec un algorithme de calcul rapide des transformées de Fourier et, en particulier, avec un algorithme appelé F.F.T. (Fast Fourier Transform), afin de réduire au minimum les temps de calcul.

35

De préférence, on effectue le calcul de corrélation en fractionnant par tiers la largeur de bande réduite correspondant à la moitié de la fréquence d'échantillonnage.

5 Ainsi, pour une conduite d'eau pour laquelle on a choisi une fréquence d'échantillonnage égale à 200 Hertz, un premier calcul se fera, en passant à l'algorithme F.F.T. précité, entre 0 et 100 Hz, un deuxième entre 50 et 150 Hz, et un troisième entre 100 et 200 Hz.

10 Selon un mode de réalisation préféré, et après cumul des fonctions d'intercorrélation, on procède à une recherche de maximum, on établit un niveau de référence en divisant le maximum obtenu par une valeur prédéterminée, puis on enlève la zone environnant le maximum, on recherche le nombre de dépassements par rapport au nouveau niveau de référence, et
15 on déclenche l'alarme de détection s'il n'y a aucun dépassement de ce niveau.

La figure 2 fait bien comprendre cette étape du procédé selon l'invention. Un maximum M apparaissant (figure 2a), on établit un niveau de référence M/k en divisant le
20 niveau maximum M par un coefficient k convenablement choisi, et on supprime la fenêtre F qui entoure le maximum M. Si alors d'autres pics apparaissent qui dépassent la valeur M/k (figure 2b), on ne déclenche pas l'alarme de détection de fuite, alors que, dans le cas contraire (figure 2a), on se
25 trouve en présence d'un pic de corrélation, et l'alarme de détection de fuite peut être mise en route.

La présente invention concerne également un dispositif permettant la mise en oeuvre du procédé qui vient d'être décrit. Ce dispositif est représenté de manière
30 schématique sur le diagramme de la figure 3.

Comme on le voit sur cette figure, il comprend deux capteurs de bruit 1 et 2 qui sont placés à chaque extrémité du tronçon de canalisation C à surveiller, qui peuvent être des accéléromètres ou des hydrophones et qui transmettent
35 leurs informations analogiques à des amplificateurs 3 et 4, respectivement. Ces derniers transmettent ces informations

analogiques amplifiées à une unité de traitement 5 comprenant des interfaces d'entrée 6, des circuits 7 de conversion analogique-numérique et de stockage des résultats obtenus sous forme d'historique, et un processeur de traitement numérique 8 effectuant le traitement de corrélation.

Les filtres passe-haut de quelques dizaines de Hertz dont il a été question plus haut et qui servent à éliminer les bruits en très basse fréquence sont contenus dans les interfaces d'entrée 6, et le dispositif est complété par une interface de transmission 9 qui utilise le réseau téléphonique ou une voie radio et qui comprend des moyens pour acheminer des alarmes vers un centralisateur situé à distance, ce qui est schématisé par la flèche 10.

On notera enfin que le processeur de traitement est activé à chaque mesure de détection, cette activation pouvant être déclenchée par un circuit d'horloge externe.

- REVENDICATIONS -

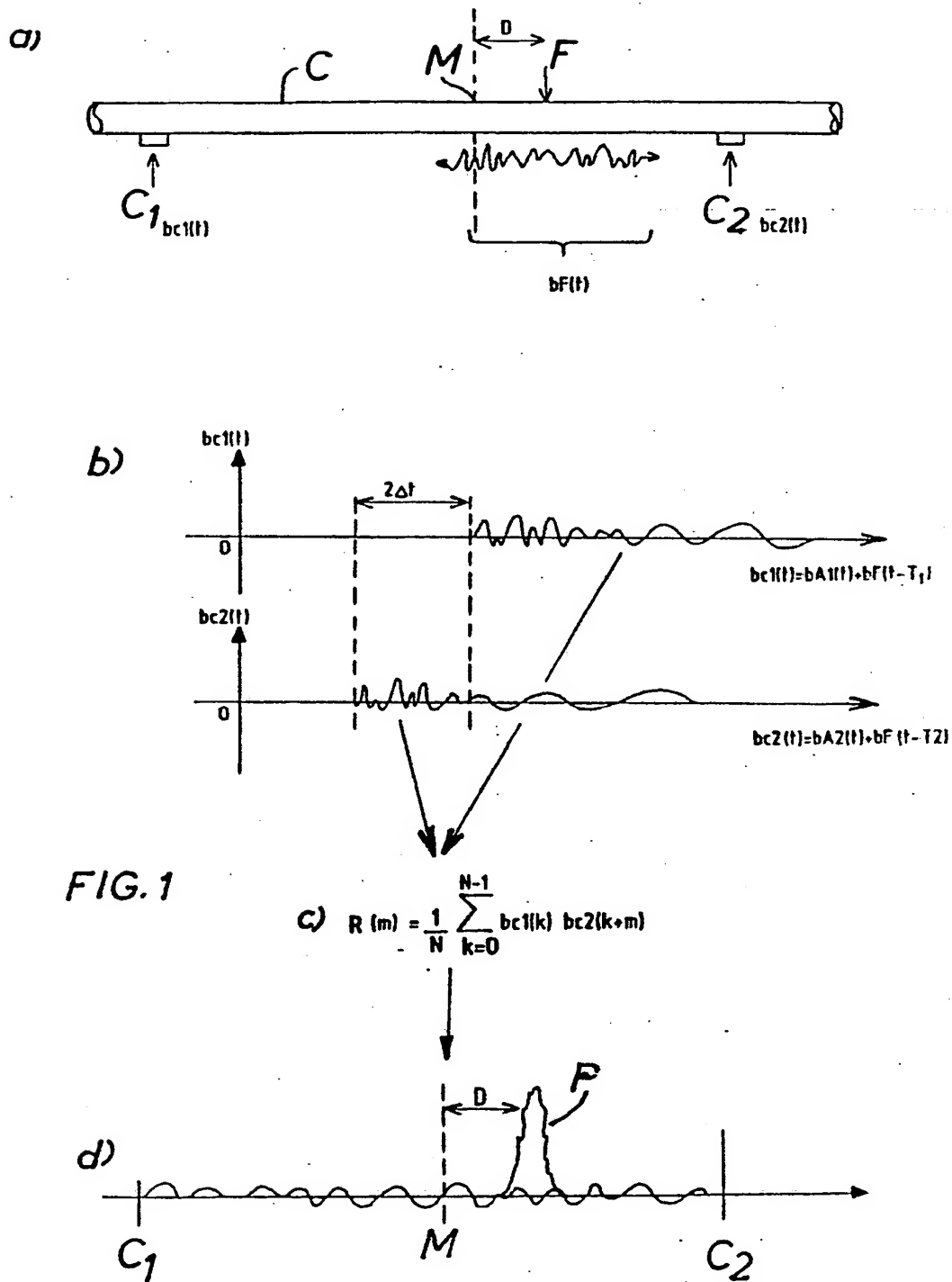
1. Procédé pour la détection des fuites sur les canalisations de fluides, caractérisé par le fait que l'on place en permanence un capteur de bruits à chaque extrémité du tronçon de canalisation à surveiller, que l'on calcule périodiquement l'intercorrélation des bruits acquis respectivement par les deux capteurs, et que l'on déduit l'existence d'une fuite éventuelle de la présence d'un pic apparaissant lors de ce calcul d'intercorrélation.
5
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait l'on utilise, pour les calculs d'intercorrélation, des circuits de traitement du signal numérique.
10
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que l'on sous-échantillonne les signaux acquis par les capteurs par une fréquence fixe comprise entre 100 et 300 Hertz environ, en évitant tout filtre antirepliement devant les convertisseurs analogiques-numériques.
15
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que l'on effectue le calcul de corrélation en fractionnant la largeur de bande réduite correspondant à la moitié de la fréquence d'échantillonnage.
20
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que l'on élimine les bruits en très basse fréquence par un filtrage passe-haut à quelques dizaines de Hertz.
25
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'on élimine les bruits parasites par moyennage après calcul de l'intercorrélation.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait qu'après cumul des fonctions d'intercorrélation, on procède à une recherche de maximum, on établit un niveau de référence en divisant le maximum obtenu par une valeur prédéterminée, puis on enlève la zone environnant le maximum, on recherche le nombre de dépasse-
30

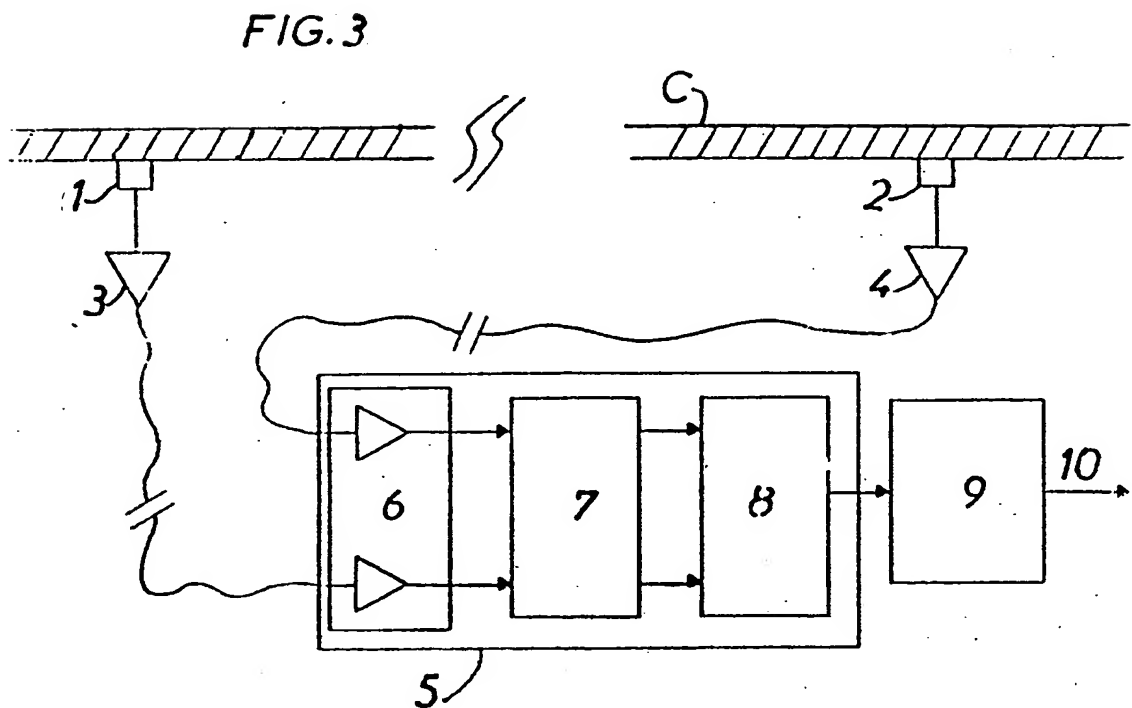
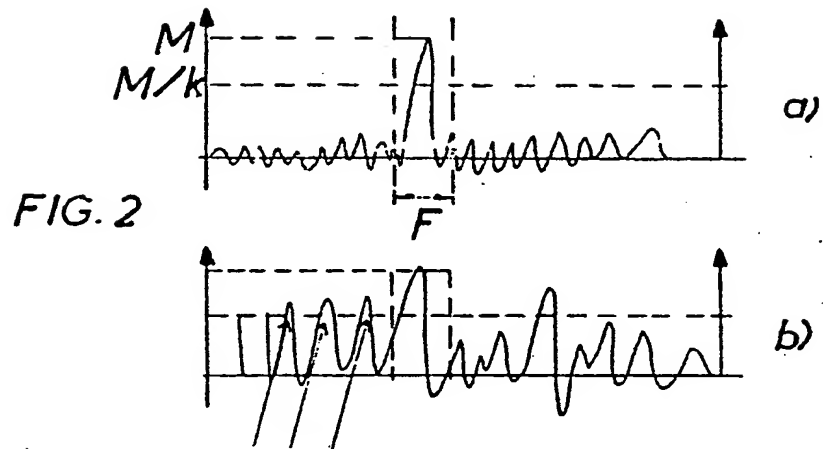
ments par rapport au nouveau niveau de référence, et on déclenche l'alarme de détection s'il n'y a aucun dépassement de ce niveau.

5 8. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait qu'il comprend deux capteurs de bruit (1, 2) placés en permanence à chaque extrémité du tronçon de canalisation (C) à surveiller, ainsi que des amplificateurs (3, 4) qui transmettent les informations analogiques desdits capteurs
10 (1, 2) à une unité de traitement (5), cette dernière comprenant des interfaces d'entrée (6) recevant les signaux analogiques provenant desdits capteurs (1, 2), des circuits de conversion analogique-numérique (7), et un processeur de traitement numérique (8) effectuant le traitement de corré-
15 lation.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé par le fait qu'il comprend en outre une interface de transmission (9) qui utilise le réseau téléphonique ou une voie radio, et qui comprend des moyens pour acheminer des alarmes
20 et/ou des informations vers un centralisateur (10) situé à distance.

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, caractérisé par le fait que ladite unité de traitement (5) comprend en outre des moyens pour stocker sous
25 forme d'historique les résultats obtenus.





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.